

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: X2009222013

UDC \_\_\_\_\_

厦门大学

工 程 硕 士 学 位 论 文

轮胎滚动阻力测试系统的设计与实现

Designed and Implementation of Rolling Resistance  
Test System

苏远锋

指导教师姓名: 林聪仁 副教授

肖艳义 高工

专 业 名 称: 电子与通信工程

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

年 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

易延峰

2015 年 5 月 10 日



# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密（ ），在年解密后适用本授权书。
2. 不保密（ ）

（请在以上相应括号内打“√”）

作者签名：吴廷峰

日期：2015 年 5 月 10 日

导师签名：

日期： 年 月 日

## 摘 要

轮胎滚动阻力的测试对于轮胎生产企业以及汽车、摩托车、电动车、轮椅车以及自行车等生产企业来说具有非常重要的意义。本课题设计的是一种基于单片机的滚动阻力测试系统，通过机械结构把滚动阻力转化成重力，再通过称重传感器把重力信号转换成电信号，由单片机进行处理，和上位机通信。从而实现轮胎滚动阻力的测试以及数据分析等等。

本系统集成多种测试功能于一体，操作简单、效率高，系统功耗低、使用方便、测量准确性好、重复性好、使用寿命长。在实现基于单片机的滚动阻力测量的基础上，扩展了数据采集，实时监控测试过程，绘制测试波形、数据分析处理、与PC机进行通信等功能，以科学的方法将滚动阻力测量与数据统计分析科学结合，便于分析计算，可有效降低资金投入，给相关企业提供了非常实用的参考。

本文从实际使用条件出发，进行了系统方案的选型与论证，并从硬件电路的选型以及设计，软件功能分析，软件及设计，以及上位机软件设计等几个方面系统地论述了基于单片机的滚动阻力测试系统的设计与实现过程，最终实现了滚动阻力的合理方便的测试。在论文的最后阶段，总结了设计设计测试过程中出现的一些问题以及解决方案，阐述了相关的数据处理方法，提出了下一步设计开发改善的思路。

**关键词：**滚动阻力；数据采集；单片机系统

## ABSTRACT

Tyre rolling resistance testing is very important for tire manufacturers as well as cars, motorcycles, electric cars, wheelchairs and bicycles and other production companies. This study is about a design of rolling resistance test system based on SCM (Single Chip Microcontroller). In the system, rolling resistance is transferred into gravity by mechanical structures, and then gravity signals is transferred into electrical signal by the weight sensor. It is processed by SCM to get connected to the host computer. As a result, the testing of tire rolling resistance and data analysis is completed.

The system integrates a variety of test functions, such as simple operation, high efficiency, low power consumption, easy to use, high accuracy, good repeatability, and long service life. As realizing rolling resistance measurement based on SCM, we're able to obtain expanded data collection, real-time monitoring of the testing process, rendering test waveforms, data analysis and processing, communicating with PC and other functions. With the scientific method, it combines the rolling resistance measurement and data analysis, which helps easy calculation and analysis. As a result, it can effectively reduce the capital investment and provide a very useful reference to related companies.

In this article, based on practical use conditions, it carries out the selection and conducted demonstration system solutions. At the same time, from the hardware circuit type and design, software function analysis, software and design, and the software design of host computer and other aspects, it systematically discusses the design and implementation process of rolling resistance testing system based on SCM, which leads to the completion of rolling resistance reasonable test. At last, we summarize some problems in the process of design and test solution, elaborate the related data processing method, and propose the ideas for the further development in designs.

**Key Words:** Rolling resistance; Data collection; SCM system.

# 目 录

摘    要 .....	IV
ABSTRACT.....	V
第一章 绪论 .....	1
1.1 项目背景及意义 .....	1
1.2 滚动阻力测试技术的发展现状.....	1
1.3 本课题主要设计目标及论文结构编排.....	2
第二章 滚动阻力及其测试方法 .....	3
2.1 滚动阻力的研究历史 .....	3
2.2 滚动阻力的影响因素 .....	4
2.3 滚动阻力的试验及测算方法 .....	5
2.3.1 室内实验和室外实验 .....	5
2.3.2 稳态条件及非稳态条件 .....	5
2.3.3 直接测量法和间接测量法 .....	5
2.3.4 滚动阻力的计算 .....	6
第三章 称重传感器及应用 .....	8
3.1 称重传感器 .....	8
3.2 电阻应变式称重传感器的分类 .....	8
3.3 称重传感器的选用 .....	8
3.4 电阻应变式称重传感器 .....	9
第四章 硬件系统设计 .....	12
4.1 系统设计要求 .....	12
4.2 系统框图及整体架构 .....	12
4.2.1 机械结构 .....	12
4.2.2 硬件系统框图 .....	13
4.3 主控模块设计 .....	14
4.3.1 主控芯片的选型 .....	14
4.3.2 PIC16F877A 性能概述: .....	15
4.3.3 主控模块硬件电路设计 .....	16
4.4 按键及显示电路设计 .....	20
4.4.1 按键及显示电路方案选型 .....	20
4.4.2 74HC595 .....	21
4.4.3 按键及显示电路设计 .....	23
4.5 数据存储模块设计 .....	23
4.5.1 数据存储模块电路选型 .....	23
4.5.2 24CXXX EEPROM .....	24
4.5.3 数据存储模块电路设计 .....	26
4.6 时间模块设计 .....	26

4.6.1	实时时钟电路选型	27
4.6.2	实时时钟电路设计	27
4.7	称重传感器电路设计	29
4.7.1	称重传感器及选型	29
4.7.2	称重传感器前级放大电路选型	32
4.7.3	芯片 INA126	35
4.7.4	芯片 INA126 在本系统中的应用	36
4.8	A/D 转换模块设计	36
4.8.1	A/D 转换器选用的原则及考虑的因素	36
4.8.2	A/D 转换器方案选择	37
4.8.3	A/D 转换电路设计	41
4.9	通信模块设计	42
4.9.1	通信模块电路方案选型	42
4.9.2	通信模块硬件电路设计	43
4.10	电机控制模块设计	44
4.11	电源电路设计	45
第五章	软件系统设计	49
5.1	PIC 单片机软件开发环境	49
5.1.1	MPLAB IDE	49
5.1.2	C 语言编译器 PICC	50
5.2	PIC 单片机软件开发流程	51
5.2.1	软件结构设计	51
5.2.2	系统定义	51
5.2.3	编写程序	52
5.3	系统主程序流程图	52
5.4	系统初始化	53
5.5	按键部分软件设计	55
5.6	显示模块软件设计	56
5.7	A/D 转换模块软件设计	58
5.8	数据处理模块软件设计	60
5.9	电机控制模块软件设计	61
5.10	通信模块软件设计	62
5.11	时间模块软件设计	64
5.12	上位机软件设计	68
5.12.1	上位机软件开发编译环境	68
5.12.2	上位机软件的界面设计	69
5.12.3	上位机串口通信功能的实现	69
5.12.4	上位机软件中的数据处理	71
第六章	总结与展望	73
	[参考文献]	75

致谢. . . . .	76
-------------	----

厦门大学博士论文摘要库



## Contents

<b>ABSTRACT.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>V</b>
<b>Contents... ..</b>	<b>IX</b>
<b>Chapter I Preface .....</b>	<b>1</b>
1.1 Research backGround.....	1
1.2 The development situation of rolling resistance testing.....	1
1.3 The main design goal and the structure arrangement.....	2
<b>Chapter II The rolling resistance and test method .....</b>	<b>3</b>
2.1 The history of rolling resistance research .....	3
2.2 Influencing factors of rolling resistance .....	5
2.3 The test and calculation method of rolling resistance.....	5
2.3.1 The indoor and outdoor experiment.....	5
2.3.2 Steady state and non steady state conditions.....	5
2.3.3 Direct and indirect measurement method.....	5
2.3.4 Calculation of rolling resistance.....	6
<b>Chapter III Weighing sensor and its application .....</b>	<b>8</b>
3.1 Weighing sensor.....	8
3.2 The classification of resistance strain weighing sensor.....	8
3.3 Selection of weighing sensor .....	8
3.4 Resistance strain weighing sensor.....	9
<b>Chapter IV The design of hardware system.....</b>	<b>12</b>
4.1 The requirements system design .....	12
4.2 The block diagram of the system and the framework overview .....	12
4.2.1 Mechanical structure.....	12
4.2.2 The block diagram of hardware system.....	13
4.3 The main control module design.....	14
4.3.1 The selection of the main control chip.....	14
4.3.2 PIC16F877A Performance overview.....	15
4.3.3 The main control module hardware circuit design.....	16
4.4 Key and display circuit design.....	20
4.4.1 The selection of key and display circuit scheme.....	20
4.4.2 74HC595.....	21
4.4.3 Key and display circuit design.....	23
4.5 The design of data storage module .....	23
4.5.1 The selection of data storage module circuit scheme..	23
4.5.2 24CXXX EEPROM.....	24

4.5.3	The design of data storage module circuit scheme.....	26
<b>4.6</b>	<b>Time module design.....</b>	<b>26</b>
4.6.1	The selection of real time clock circuit.....	27
4.6.2	The design of real time clock circuit.....	27
<b>4.7</b>	<b>The weighing sensor circuit design .....</b>	<b>29</b>
4.7.1	Weighing sensor and selection.....	29
4.7.2	Selection of the weighing sensor amplifier circuit ..	32
4.7.3	Chip INA126.....	35
4.7.4	The application of INA126 chip in this system.....	36
<b>4.8</b>	<b>Design of A/D conversion module .....</b>	<b>36</b>
4.8.1	A/D converter selection principles and considerations	36
4.8.2	The selection of A/D converter.....	37
4.8.3	The design of A/D converter circuit.....	41
<b>4.9</b>	<b>Design of communication module .....</b>	<b>42</b>
4.9.1	The selection of communication module circuit.....	42
4.9.2	The design of communication module circuit.....	43
<b>4.10</b>	<b>Design of motor control module .....</b>	<b>44</b>
<b>4.11</b>	<b>Power circuit design .....</b>	<b>45</b>
<b>Chapter V</b>	<b>Test And Conclusion .....</b>	<b>49</b>
<b>5.1</b>	<b>PIC micro-controller software development environment .....</b>	<b>49</b>
5.1.1	MPLAB IDE.....	49
5.1.2	C language compiler PICC.....	50
<b>5.2</b>	<b>PIC micro-controller software development process .....</b>	<b>51</b>
5.2.1	The software structure design.....	51
5.2.2	System definition.....	51
5.2.3	Program design.....	52
<b>5.3</b>	<b>The flow chart of the main program.....</b>	<b>52</b>
<b>5.4</b>	<b>System initialization .....</b>	<b>53</b>
<b>5.5</b>	<b>Key software design.....</b>	<b>55</b>
<b>5.6</b>	<b>The software design of display module.....</b>	<b>56</b>
<b>5.7</b>	<b>The software design of A/D conversion module.....</b>	<b>58</b>
<b>5.8</b>	<b>The software design of data processing module .....</b>	<b>60</b>
<b>5.9</b>	<b>The software design of motor control module .....</b>	<b>61</b>
<b>5.10</b>	<b>The software design of communication module .....</b>	<b>62</b>
<b>5.11</b>	<b>The software design of time module .....</b>	<b>64</b>
<b>5.12</b>	<b>PC software design .....</b>	<b>68</b>
5.12.1	PC software development environment.....	68
5.12.2	The interface design of PC software.....	69
5.12.3	The realization of PC serial communication function..	69
5.12.4	The PC software in data processing.....	71
<b>Chapter6</b>	<b>Conclusion and Prospect.....</b>	<b>73</b>

<b>Reference .....</b>	<b>75</b>
<b>Acknowledgement.....</b>	<b>76</b>

厦门大学博士论文摘要库

## 第一章 绪论

### 1.1 项目背景及意义

滚动阻力是汽车轮胎的一项重要性能,轮胎滚动阻力对于汽车的燃油经济性和尾气排放具有直接和显著的影响,欧美轮胎工业相关单位对汽车轮胎的寿命以及使用周期进行分析,结果表明,轮胎在使用阶段对环境的影响比生产环节以及其他阶段更大,而轮胎的滚动阻力又是其中非常重要的因素。对于轮椅车、助行器等人力驱动的产品来说,滚动阻力关系到产品质量以及使用的舒适性、安全性。因此可见对于轮胎或整车生产企业,滚动阻力的测试是生产过程中一个非常重要的环节。

在实际工程应用中汽车类的轮胎滚动阻力的测量设备比较常见,一般都比较大型而且价格高,不适用于小型的护理类产品的应用,而专门用于这类产品滚动阻力测试的设备少之又少,这给相关企业带来了难题。本课题设计的基于 PIC 单片机的滚动阻力测试系统,很好地解决了这个问题。本设计的总体结构是用单片机做为下位机负责数据采集、前期处理以及脱机条件下的测试,普通 PC 机做为上位机,单片机和计算机相结合实现对滚动阻力的测量和实时监控。设计要求系统智能化,可操作性好,稳定性好,测试工作效率高,成本低廉,制作简单,为相关生产企业提供很好的参考。

### 1.2 滚动阻力测试技术的发展现状

当前对轮胎滚动阻力的测试,主要是在实验室内通过主动轮带动被测轮模拟轮胎在路面上行驶转动来测试滚动阻力。相关的测试实验设备大多数是室内使用的,经过行业多年的努力,市场上已经先后出现了各种类型的滚动阻力测试试验机。滚动阻力试验机从轮胎模拟路面行驶的方式来看,可以分为转鼓式及钢带式两种。钢带式的滚动阻力试验机是比较昂贵的试验设备,它是模拟轮胎在平的连续的路面上行驶。而转鼓式的试验机,特别是 1.7 米的转鼓式试验机是目前应用

最为广泛的是滚动阻力试验机。

如果按测量的方法来分，滚动阻力试验机又可分为以下 4 种：扭矩、测力法、减速度法以及功率法，目前实际应用中以测力法以及扭矩法的试验设备比较多。近年来，随着科学技术迅速发展，滚动阻力测量技术也发展迅速，测量设备趋于微型化、智能化、可视化，测量精度大大提高，测量误差大大减少，试验数据可重复性得到了保证。

目前，我国天津某公司生产的滚动阻力试验设备已经实现规模化的生产，分为 2 大类产品，分别是针对载重货车用轮胎或轿车用轮胎，精度能达到 ISO 的相关的要求。

### 1.3 本课题主要设计目标及论文结构编排

本课题设计的目标有：通过传感器把滚动阻力转化成容易测量的电信号；以 PIC 单片机为核心处理器，配以相应的高精度放大电路，对传感器采集到的电信号进行处理分析；与上位机进行通信把采集到的数据传给上位机，由上位机进行绘制波形等更加人性化的处理。

本文主要结构安排如下：

首先，论文在第一章绪论中系统介绍了论文的研究背景，滚动阻力测试技术在国内外的发展现状，并提出了设计基于单片机的滚动阻力测试系统的意义。

论文在接下来的第二章简要论述了滚动阻力的原理及其测试方法。

第三章论述重力传感器及其应用。

第四章详细阐述了基于单片机平台的滚动阻力测试系统，硬件方案的选型与设计。

第五章重点阐述单片机软件系统的设计、上位机软件的设计及功能测试结论和验证等。

第六章总结与展望，提出下一步的研究开发方向。



## 第二章 滚动阻力及其测试方法

在实际使用不断的滚动过程中,轮胎的应力也在循环变化从而导致能量的损耗,也就产生了滚动阻力,在行业中也称之为轮胎滞后能量损耗。在汽车行驶过程中,汽车总阻力大约有两成是轮胎的滚动阻力,由此可见轮胎滚动阻力,对汽车燃油的消耗是明显的,轮胎滚动阻力的研究是很有必要的。轮胎滚动阻力的试验可以从以下几个方面或者因素进行分析:结构设计、轮胎花纹、轮胎设计、材料配方、气压、负荷、带束层结构,等等。

### 2.1 滚动阻力的研究历史

大约在上世纪 60 年代,北京的橡胶工业研究设计院用转鼓式的滚动阻力实验设备测量棉帘线轮胎以及钢丝轮胎的功耗,也做过在实际的平稳匀速运行状态下汽车的牵引阻力测量。但是因为科学技术及各种条件的限制,该试验在很长的一段时间内一直处于探索阶段。直到 80 年代,国家从政策上更加重视轮胎滚动阻力的研究,由企业牵头从欧美和日本购买了转鼓式的轮胎滚动阻力试验机,对国外轮胎样品进行测试分析,同时结合本国的实际情况,开始进一步的滚动阻力的试验研究。

20 世纪 70 年代,随着能源使用量的大幅提升,环境质量恶化问题日趋严峻,欧美等经济发达的国家加大了对汽车轮胎滚动阻力实验及研究工作的投入力度,轮胎滚动阻力的测试技术在这一时期得到了比较长足的发展。

到目前为止,行业内比较成熟的滚动阻力测试标准有(ISO)国际标准化组织标准(ISO28580\_2009 轮胎滚动阻力测试标准)和美国汽车工程师协会(SAE)的标准(SAE J1269-2006 美国轮胎滚动阻力测量标准)。随着科学技术的发展,滚动阻力测试的标准也在不断地发展、改进和完善。设立滚动阻力测试标准的目的是为了给轮胎滚动阻力的测试提供一个行业通行的参考和标准,例如 ISO9948:1992 和 ISO8767:1992,这两个标准基本上只是用来对滚动阻力的测试方法进行探讨和研究,还不能作为滚动阻力的评价方法来使用。

近年来,经济社会发展迅速,带来越来越严重的环境污染,同时也激发了人们对环境保护重要性的认识,轮胎滚动阻力的测试逐渐被人们所重视。本世纪初,欧美的相关研究机构对滚动阻力的研究加大了力度,到了 2007 年,欧洲的有关研究机构向欧盟提交了关于滚动阻力测试一些建议。在我国,汽车拥有量爆炸式地增长,能源消耗日益增多,滚动阻力测试的理论研究和装置开发也同样是现实的重大的课题。

## 2.2 滚动阻力的外部影响因素

影响滚动阻力的外部因素有:温度因素、磨损因素、速度因素、负载和气压等因素。

温度因素:温度是影响滚动阻力的一个重要的因素,轮胎种类不同,温度的影响的程度也是不同的。一般来说,轮胎的工作环境温度每增加 10 摄氏度,滚动阻力值将会降低大约百分之 8 左右。由此可见,滚动阻力试验机使用环境温度应该被控制在合适的范围,而且比较适合在室内使用。

磨损因素:一般情况下,轮胎的磨损量增加,其滚动阻力会相应地减小,这是由于橡胶的力学损耗因子 ( $\tan \delta$ ) 与其体积等因素相互作用的结果。所以,同一个轮胎,其新旧程度在一定程度上会影响其滚动阻力,新旧轮胎的滚动阻力是不能直接做比较的。

速度因素:轮胎在高速运转时,其滚动阻力的增加比较明显,而在低速时,特别是每小时速度低于 100 公里时,滚动阻力随着速度增加而增大的现象不明显。同时,速度因素对滚动阻力的影响,因轮胎的结构差异会有不同。

负载以及气压的因素:通常,在一定的气压范围内,轮胎气压增加轮胎滚动阻力会相应地减小,但是也受到所承受的负载的影响。屈挠量对汽车轮胎的滚动阻力来说,具有决定性的意义。由此可见,轮胎气压及负载对滚动阻力的影响可以通过调整轮胎屈挠量来适度地调整。

## 2.3 滚动阻力的试验及测算方法

### 2.3.1 室内实验和室外实验

如果按试验场所划分, 轮胎滚动阻力实验方法可以分为室内实验和室外实验。在实验室环境下进行的轮胎滚动阻力试验称为室内试验, 其实验条件是通过模拟而来的, 因此比较可控, 实验环境数据比较容易控制, 重复性比较好。将轮胎安装在车辆中并在车辆实际使用环境中对轮胎滚动阻力进行的试验测试称为室外试验。室外试验的环境及试验条件贴近真实, 但是, 外界因素比较复杂而且多变, 重复性不好, 对试验结果影响比较大, 试验数据波动及误差相对比较大。因此, 在实际的工程应用中, 室内实验方式是主要的试验方法, 而室外试验仅作为参考。

### 2.3.2 稳态条件及非稳态条件

所谓稳态条件实验, 是指滚动阻力的试验是在相对稳定的条件下进行的, 相对稳定的负载, 相对稳定的速度, 而且轮胎在试验测试前已经经过了前期的预热运转, 达到热平衡的状态下, 所进行的滚动阻力的实验测试。而非稳态条件实验是在对被测轮胎所加的负载以及运转的速度随着时间改变, 事先没有进行浅预热运转, 温升没有达到热平衡的状态下, 所进行的滚动阻力测试。

显然, 汽车轮胎的实际使用条件是复杂的, 非稳态的, 非重复性的, 多种多样的。在这种非稳态条件下进行滚动阻力试验测试的复杂程度高, 要经过大量研究、调查和实验。因此, 一般情况下, 轮胎生产企业都是在实验室环境, 稳态条件下进行滚动阻力试验。

### 2.3.3 直接测量法和间接测量法

按测量滚动阻力的方法来看, 又可分为直接测量和间接测量。

滚动阻力是由于轮胎材料的滞后损失产生变形而造成的, 因此, 通过测量轮胎材料的损耗因子  $\tan \delta$  可以间接地评价滚动阻力, 而不是用直接地测量滚动阻

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.